

II-225 汽水湖における塩分浸入の挙動の数値解析

京都大学大学院 学生員 佐竹 康孝 京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗
 関西電力 正 員 若林 誠 住友電気工業 正 員 松原 善之

1. はじめに; 本報は、青森県のむつ小川原湖を対象とし、汽水湖における塩分浸入の挙動を解析することを目的とするもので、その第一段階として、従来より湖沼の解析に適用してきた三次元数値解析法を、海域部、汽水湖および両者を結ぶ河川部を含めて解析できるように改良するモデル構築法について述べる。

2. 数値解析法; 本報の計算対象である小川原湖は、汽水湖であって、図1に示されるように高瀬川を通して海から塩分が浸入し、それが湖内に拡がっている。その挙動を解析するにあたって、海水と淡水との間に密度差があることを考えれば、平面内および鉛直面内の変化を知ることが必要となる。本報では、これらのことを考慮して、差分法を用いた三次元数値解析法を適用することにし、河川、湖沼、海域部及びそれらの接合部の解析法を検討した。

3. 格子分割; 数値解析を行うにあたっては、現地の地形を格子分割することが必要である。解析の精度から考えれば、格子間隔はなるべく細かい方がよい。しかし、本報では、長期の計算を行うことを目指しているので、計算時間の制約から、必要とされる解析の精度を損なわない程度にできるだけ粗くとることにした。

(1). 小川原湖および海域部; 小川原湖は南北に細長い汽水湖である。主な流入河川はほとんど南側に集中し、流出河川である高瀬川は北側にある。したがって小川原湖内においては、南北の流れが東西の流れより卓越しているとみられる。現地調査での小川原湖における塩分濃度分布は、東西方向にはほぼ一様であるといわれている。これより東西方向には、それほど細かい分割は必要とされず、湖の左岸と右岸が区別できる程度でよいと考えられる。以上のような湖の特徴から小川原湖を東西方向に2分する程度の格子の大きさをとることにし、格子の大きさを $2\text{km} \times 2\text{km}$ とした。海域部では潮汐による海面変動を考慮しなければならないので、河川部河口から、沖側へ数km程度はりだした領域をとることにし、格子の大きさは湖と同じとした。

(2). 河川部; 高瀬川および放水路では、その幅は最大でも200mに達しないため、湖と同じ $2\text{km} \times 2\text{km}$ の格子にすることは現実的でない。縦断的な塩分挙動の変化は、湖より大きいと考えられるので、縦断方向には200mの格子間隔とし、横断方向には、幅が狭いため格子分割は行わず河川の幅に応じた幅をとることにする。現地の地形では、高瀬川は小川原湖から流出した近くでは北上するが、それより約4.5km下流で東に湾曲している。しかし計算では上記の湾曲は無視し、放水路とともに縦断方向の一方向流れとする。以上より河川部には横断幅が縦断方向に変化する鉛直二次元計算法を適用する。

4. 断面変化を考慮した計算法; 河川部における鉛直二次元計算では、縦断方向がx軸であり、水深方向がz軸である。z軸方向の運動方程式は湖及び海域部と同様に静水圧分布で置き換えられるとするから、ここではx方向の運動方程式および拡散方程式の計算法について述べる。¹⁾

(1). 運動方程式の計算; 図2-a)のように断面幅の変化するところでその変化を考慮に入れて、x方向の流れ

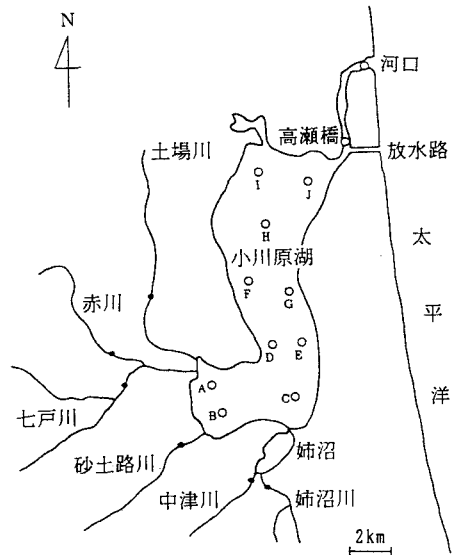


図1 小川原湖水環境関連図

速 u_i を求めるのに、格子を半分ずらせたcontrol volumeを考える。計算にあたっては、運動量の移流項から生ずる $i+1/2$ 断面および $i-1/2$ 断面を通過する運動量フラックスを求める必要がある。例としてここでは $i+1/2$ 断面における運動量フラックスを考える。そのためには $i+1/2$ 断面における平均流速 $u_{i+1/2}$ が必要であり、それには、 $u_{i+1/2} = (u_i + u_{i+1})$ とするのが普通であるが、断面幅が一樣でないことを考慮すると、このような単純な平均による取り扱いは適切であるとはいえない。よって、それぞれの流速の値はその定義点における有効幅を考慮し、断面においての流速は、以下のように有効幅を用いた加重平均をとることとする。

$$\bar{u}_{i+1/2} = \frac{u_{i+1} \times \min(\Delta y_{i+1}, \Delta y_i) + u_i \times \min(\Delta y_i, \Delta y_{i-1})}{\min(\Delta y_{i+1}, \Delta y_i) + \min(\Delta y_i, \Delta y_{i-1})}$$

ただし Δy ; 各断面における幅である。 $i+1/2$ 断面を通過する運動量フラックスの計算には、この平均流速を用いる。

(2). 連続式および拡散方程式の計算：水量および濃度を計算する場合には、図2-b)に示すように、斜線で示されたcontrol volumeを考える。 i 断面および $i+1/2$ 断面において流量フラックス(連続式)および拡散物質のフラックス(拡散方程式)を算定するとき、運動量フラックスの場合と同様にそれぞれの断面の有効幅をとることとする。すなわち、 i 断面では Δy_{i-1} , Δy_i の小さい方、 $i+1$ 断面では Δy_i , Δy_{i+1} の小さい方をそれぞれ有効幅とする。

5. 境界条件；海境界においては、境界条件を与えるために、海領域を取り囲むような海境格子を考える。これらの格子において、密度だけは通常の格子におけるのと同様に計算し、その密度分布と境界条件である外潮位とから圧力を計算し、これによって計算領域との間の流速を計算する。河川境界においては、流入4河川の各流入点において、河川の流入方向と直行する面の面積で流量を除した流速を当該cellに与える。

6. 計算；現在これまで述べてきた方法で、次のような計算を進めている。

①境界条件として現地資料の一部を与え、短期間の再現計算を行う。その結果により、断面変化部の計算、境界の計算などを検証する。ただし、短期間の計算であり検証を目的としているので、水の温度は一定として、水の密度は塩分濃度のみの関数として取り扱う。

②上記①の解析を進めていくことによって、モデルの妥当性が検証されたならば、外潮位、流入流量などの水理量、及び気温、風向、日射量などの気象量を与え、長期の計算を実施する。現在小川原湖の結氷期を除いた7カ月間の計算を考えている。このときには、水温の日のおよび季節的变化を考慮して、水の密度は、水温と塩分濃度の関数として取り扱うことにする予定である。この結果を現地観測結果と比較し、小川原湖における塩分侵入の挙動について考察する。

7. おわりに；本報はモデル構築法の概要を述べるにとどまった。この種の解析では、各種の資料の収集が難しく、また解析結果とそれらの照合も容易ではない。さらに、長期間の計算では計算時間なども現実的にきびしい制約条件となる。今後は、まず、上記①の解析を進めモデルを長期計算に耐えうるものに改良して、②の計算を行っていくと共に、格子の大きさなどについての検討を行い、より詳しく塩分侵入の挙動が解析できるようにしたいと考えている。

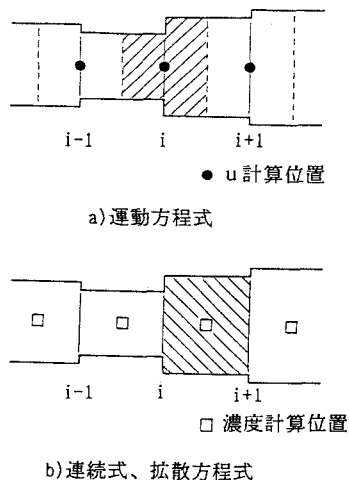


図2 断面計算モデル

<参考文献> 1) 岩佐義朗、井上和也、吉村義朗；大川における塩分遡上の解析について、

京都大学防災研究所年報、第29号、B-2、1986.4